

## ТЕРМОМЕТРИЯ НАСЫЩЕНИЯ АПАТИТА КОЖИМСКОГО ГРАНИТНОГО МАССИВА (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Денисова Ю.В.

*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, yulden777@yandex.ru*

Кожимский массив, обнажающийся в сводовой части Ляпинского антиклинория (Приполярный Урал), расположен в бассейнах ручьев Понью, Осею и Елкошор. Это группа вытянутых гранитных тел, относящихся к одной межпластовой интрузии, которая прорывает отложения пуйвинской свиты среднего рифея. Кожимские граниты сильно катаклазированы и рассланцованы [Фишман и др., 1968]. Породы этого массива, имеющие наибольшую сохранность первичной структуры и облика, представляют собой плотные гнейсовидные среднезернистые породы розового цвета с зеленовато-серым оттенком. Минеральный состав гранитов представлен калиево-натриевым полевым шпатом, плагиоклазом, кварцем, биотитом, мусковитом. Среди аксессуарных минералов пород Кожимского массива отмечаются циркон, апатит, ортит, титанит, флюорит, гранат, монацит и др. Аксессуарный апатит встречается в виде это светло-желтых полупрозрачных и непрозрачных кристаллов гексагонального дипирамидально-призматического габитуса. Размер зерен составляет 0.10–0.4 мм при коэффициенте удлинения 1.5–3.5.

Целью настоящей работы является определение температурного режима образования гранитов Кожимского массива с использованием термометрии насыщения для апатита.

Для определения искоемых температур автором использована методика Е. Ватсона, согласно которой температура кристаллизации апатита и апатитсодержащей породы зависит от уровня насыщения фосфора, необходимого для образования апатита, и содержания кремния в породе [Harrison and Watson, 1984]:

$$T^C = (8400 + 26400(\text{SiO}_2 - 0.5)) / (\ln(42/P_2\text{O}_5) + 3.1 + 12.4(\text{SiO}_2 - 0.5)) - 273.15, \quad P_2\text{O}_5 (\text{HW}) = 42/D_p,$$

где  $D_p$  – соотношение концентрации фосфора в апатите и расплаве,  $P_2\text{O}_5$ ;  $\text{SiO}_2$  – весовая доля оксида фосфора, кремния в расплаве, мас. вес,  $T^C$  – температура, Цельсий.

Однако формула Ватсона составлена только для метаалюминиевых пород ( $A/CNK < 1$ ). Ф. Беа с коллегами было предложено преобразовать исходную формулу для пералюминиевых пород ( $A/CNK > 1$ ) [Bea et al., 1992]:

Таблица 1. Химический состав и температура образования пород Кожимского массива

Компонент, масс. %	Номер пробы										Среднее
	К-1	К-2	К-3	К-4	К-5	К-6	К-7	К-8	К-9	К-10	
$\text{SiO}_2$	77.78	76.89	75.95	75.89	76.49	78.12	77.54	76.26	77.48	76.95	76.94
$\text{TiO}_2$	0.16	0.22	0.48	0.52	0.48	0.11	0.24	0.42	0.31	0.59	0.35
$\text{Al}_2\text{O}_3$	11.88	11.95	12.69	12.52	10.05	11.34	11.78	12.22	11.09	10.92	11.64
$\text{FeO}$	1.72	1.29	1.15	1.24	0.56	0.50	0.59	0.62	0.61	1.03	0.93
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.84	1.12	0.52	1.05	0.92	1.21	0.87	1.02	0.89	0.56	0.90
$\text{MnO}$	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02
$\text{MgO}$	0.16	0.25	0.17	0.33	0.38	0.39	0.18	0.29	0.19	0.18	0.25
$\text{CaO}$	0.31	0.29	0.22	0.38	0.59	0.28	0.45	0.42	0.37	0.51	0.38
$\text{Na}_2\text{O}$	3.65	3.33	4.22	4.02	3.08	3.15	3.22	4.51	3.01	3.89	3.61
$\text{K}_2\text{O}$	3.88	4.51	4.09	3.89	4.15	5.17	4.99	3.78	4.65	3.28	4.24
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02
ппп	0.05	0.29	0.59	0.15	0.75	0.62	0.39	0.98	1.02	1.23	0.61
$\Sigma$	100.46	100.17	100.10	100.02	97.50	100.92	100.28	100.57	99.68	99.19	-
$\text{H}_2\text{O}^-$	0.07	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.09	0.02	0.05	0.06	0.08
$A/CNK$	1.103	1.098	1.078	1.087	0.945	1.005	1.023	0.996	1.041	1.004	-
$T, ^\circ\text{C}$	722	798	770	764	856	836	768	770	840	826	795

Примечание. Химический состав получен с помощью силикатного метода в ЦКП «Наука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН (аналитик Кокшарова О.В.).

$$T^C = (8400 + 26400(\text{SiO}_2 - 0,5)) / (\ln(42/P_2\text{O}_5 * e^{\frac{6429(A/CNK-1)}{T-273,15}}) +$$

$$+ 3,1 + 12,4(\text{SiO}_2 - 0,5)) - 273,15,$$

$$A/CNK = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}).$$

Температуры формирования гранитов Кожимского массива были определены на основе данных химического состава рассматриваемых пород (табл. 1).

Согласно полученным данным, гранитогенезис Кожимского массива проходил при высоких температурах (от 722 °С до 856 °С). Это соответствует раннее полученным данным, которые автор получил на основе термометрии насыщения Ватсона для циркона (606–648 °С) и классического эволюционно-морфологического анализа Пюпена (650–700 °С и 800–900 °С) [Денисова, 2014, 2016].

*Исследования проведены в рамках НИР ИГ Коми НЦ УрО РАН ГР № АААА-А17-117121270035-0 и при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований РАН № 18-5-5-19.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Денисова Ю.В. Типоморфические и типохимические особенности акцессорных цирконов гранитоидов Приполярного Урала // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, № 5, 2014. С. 9–16.
2. Денисова Ю.В. Термометрия циркона из гранитоидов Приполярного Урала // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, № 11, 2016. С. 11–22.
3. Фишман М.В., Юшкин Н.П., Голдин Б.А., Калинин Е.П. Минералогия, типоморфизм и генезис акцессорных минералов изверженных пород севера Урала и Тимана. М.-Л.: Наука, 1968. 252 с.
4. Bea F., Fershtater G.B., Corretgé L.G. The geochemistry of phosphorus in granite rocks and the effects of aluminium // Lithos. 1992. V. 48, P. 43–56.
5. Harrison T.M., and Watson E.B. The behavior of apatite during crustal anatexis: Equilibrium and kinetic considerations // Geochim. Cosmochim. Acta. 1984. V. 48. P. 1467–1477.